



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0097011
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 12월 24일
Date of Application DEC 24, 2003

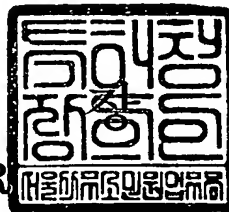
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Inst



2004 년 01 월 12 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0020
【제출일자】	2003.12.24
【발명의 명칭】	2 차원 동작 경로 생성방법
【발명의 영문명칭】	METHOD FOR GENERATION OF 2-DIMENSIONAL MOTION PATH
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	권태복
【대리인코드】	9-2001-000347-1
【포괄위임등록번호】	2001-057650-1
【대리인】	
【성명】	이화익
【대리인코드】	9-1998-000417-9
【포괄위임등록번호】	1999-021997-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이주행
【성명의 영문표기】	LEE, Joo-Haeng
【주민등록번호】	700430-1148410
【우편번호】	302-122
【주소】	대전광역시 서구 둔산 2동 샘머리아파트 211-1203
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김현
【성명의 영문표기】	KIM, Hyun
【주민등록번호】	620820-1123021
【우편번호】	305-721
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 럭키하나아파트 109동 902호
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김형선
 【성명의 영문표기】 KIM,Hyoung Sun
 【주민등록번호】 600207-1120611
 【우편번호】 302-280
 【주소】 대전광역시 서구 월평동 누리아파트 109동 1301호
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 정진미
 【성명의 영문표기】 JUNG,Jin Mi
 【주민등록번호】 711203-2384111
 【우편번호】 373-805
 【주소】 충청북도 옥천군 옥천읍 장야리 262 성진아파트 107호
 【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 권태복 (인) 대리인
 이화익 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원
 【가산출원료】 8 면 8,000 원
 【우선권주장료】 0 건 0 원
 【심사청구료】 8 항 365,000 원
 【합계】 402,000 원
 【감면사유】 정부출연연구기관
 【감면후 수수료】 201,000 원

【기술이전】

【기술양도】 희망
 【실시권 허여】 희망
 【기술지도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 컴퓨터 애니메이션, 로봇 동작 계획 및 CAD/CAM에서 사용되는 2차원 동작 경로 생성방법에 관한 것이다.

존 발명은 장애물과 물체를 표현하는 2차원 기하도형의 경계선을 방향지도로 표현하는 단계, 두 방향지도를 병합하는 단계, 두 방향지도의 방향벡터의 크기 조절을 통해 새로운 병합 방향지도를 만들어 내는 단계, 및 병합된 방향지도로부터 c-space obstacle의 경계선을 계산하는 단계로 이루어진 2차원 동작 경로 생성방법을 제시한다.

특히, 방향지도의 성질을 이용하여 두개의 경로를 한 쌍으로 동시에 생성하도록 하여 계산의 효율을 높였다.

【대표도】

도 2

【색인어】

로봇, 동작 경로, CAD/CAM, 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, 방향지도

【명세서】

【발명의 명칭】

2차원 동작 경로 생성방법 {METHOD FOR GENERATION OF 2-DIMENSIONAL MOTION PATH}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 2차원 동작 경로 생성방법을 개시하기 위한 일반적인 컴퓨터를 도시한 구성도,

도 2는 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법을 설명하기 위한 순서도,

도 3은 본 발명에 따른 경계선 쌍의 동시 생성 절차를 보인 예시도,

도 4는 본 발명에 따른 경계선 쌍의 동시 생성 결과를 보인 예시도,

도 5는 본 발명에 따른 내/외부 오프셋 동시 생성 절차를 보인 예시도,

도 6는 본 발명에 따른 내/외부 오프셋 동시 생성 결과를 보인 예시도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

10: 중앙처리장치

20: 주기억장치

30: 보조기억장치

40: 입력장치

50: 출력장치

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <11> 본 발명은 컴퓨터에 적용되는 2차원 동작 경로의 효율적인 생성 및 계산 방법에 관한 것으로, 상세하게는 2차원 상에서 장애물 사이를 충돌 없이 움직여야하는 2차원 동작 경로 생성 문제를 해결하기 위해 방향지도를 이용하여 2차원 콘볼루션을 계산하고 최종적으로 configuration-space obstacle(또는, c-space obstacle)을 생성하는 방법에 관한 것이다.
- <12> 일반적으로 c-space obstacle은 계산 기하학 이론에 근거하여 콘볼루션(*로 표시)이나 민코프스키 덧셈(\oplus 로 표시) 및 민코프스키 뺄셈(\ominus 로 표시) 연산으로 정의되는 수학적 곡선이다.
- <13> 예를 들어, 장애물 A와 물체 B에 대한 c-space obstacle은 다음의 수학적 식 1과 같이 곡선 ∂P 로 정의된다.
- <14> 【수학적 식 1】 $TRIM(\partial A * \partial(-B)) = \partial(A \oplus (-B)) = \partial P_{out}$
- <15> 수학적 식 1에 따르면, 물체 B가 경로 ∂P_{out} 을 따라 움직이면 장애물 A와 충돌이 발생하지 않는 사실이 수학적으로 잘 알려져 있다. 수학적 식 1에서 $-B$ 는 물체를 원점 중심으로 180도 회전시킨 것을 의미한다.
- <16> 그런데, 위 식에서 콘볼루션, $TRIM$, 및 민코프스키 덧셈은 매우 복잡한 연산이며 계산량이 많은 편이다. 더욱이, 장애물이나 물체의 크기가 가변적일 때는 각 경우마다 ∂P_{out} 을 계산해야 한다.

<17> 또한, 물체의 동작 범위가 장애물의 내부인지 외부인지에 따라 그 계산 방법이 달라진다. 예를 들어, 수학식 1은 장애물의 외부에서의 물체의 경로를 계산하기 위한 방법이지만, 장애물 내부에서의 경로를 계산하기 위해서는 수학식 2와 같이 민코프스키 뿔셈 연산을 이용하여야 한다. 수학식 2에서 장애물 A의 내부에서 물체 B가 ∂P_{out} 을 따라 움직일 때 A의 경계선과 충돌이 발생하지 않는다.

<18> 【수학식 2】 $TRIM((\partial A^c * \partial(-B))^c) = \partial(A \ominus (-B)) = \partial P_{in}$

<19> 하지만, 위와 같은 한 쌍의 민코프스키 덧셈과 뿔셈을 콘볼루션 연산이나 다른 방법으로 동시에 계산하는 실용적인 방법은 지금까지 거의 알려져 있지 않다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<20> 본 발명은 상기한 종래 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 2차원 기하도형에 대한 방향지도를 이용하여 물체의 내부 및 외부의 동작경로를 동시에 생성하고, 물체의 크기가 변하는 경우의 다양한 동작경로를 효율적으로 생성하는 2차원 동작경로 생성방법을 제공하는데 있다.

<21> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 2차원의 기하도형에 대한 방향지도를 이용하여 물체의 내부 및 외부 크기 변화에 대한 동작 경로를 동시에 생성하는 방법에 있어서, 입력장치를 통해 입력된 특정 장애물(A)과 물체(B)에 대해 각각 방향지도로 표현하는 제 1단계; 상기 장애물과 물체에 대해 각각 표현된 방향지도를 병합하는 제 2단계; 상기 장애물과 물체의 크기를 결정한 후 민코프스키 연산을 결정하는 제 3단계; 상기 제 2단계에서 장애물과 물체 각각의 방향지도를 병합한 방향지도에 대해서 필요한 그룹단위 크기조절 연산을 수행하는 제 4단계;

상기 4단계에서 구해진 결과에 대해서 공선제거를 하고, 방향지도 역연산을 하고, 트리밍 연산을 하여 동작 경로를 생성하는 제 5단계; 및 병합된 방향지도를 재사용하여 외부 및 내부, 또는 크기가 다른 장애물 및 물체에 대해서 c-space obstacle을 계산하는 제 6단계;을 포함하는 2차원 동작 경로 생성방법을 제공한다.

- <22> 본 발명의 2차원 동작 경로 생성방법에 의하면, 복잡한 장애물에 대해서 c-space obstacle에 대한 기하학적인 성질을 이용하여 복잡하고 어려운 수학적식을 유도하지 않고, 내부와 외부 동작경로와 다양한 물체의 크기에 대해서 효율적으로 동작경로를 생성할 수 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <23> 이하, 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- <24> 도 1은 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법을 개시하기 위한 일반적인 컴퓨터 시스템을 보인 구성도이다.
- <25> 도면을 참조하면, 컴퓨터 시스템 전체를 제어하는 중앙처리장치(10)와, 전개실행에 필요한 모든 데이터가 저장되어 있는 주기억장치(20)와, 상기 중앙처리장치의 제어에 따라 작업데이터가 일시 저장 및 출력되는 보조기억장치(30)와, 작업자의 조작에 따라 상기 중앙처리장치(10)에 동작을 명령시키기 위한 입력장치(40) 및 작업상태를 표시하는 출력장치(50)로 구성된다.
- <26> 본 발명에서 개시하고자 하는 2차원 동작 경로 생성방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 형태로 기록매체에 저장되며, 기록매체에 저장된 프로그램을 컴퓨터상에서

운영함으로써 입력장치(40)를 통해 입력된 2차원의 기하도형에 대해 방향지도를 이용하여 물체의 내부 및 외부의 동작경로를 동시에 생성하고, 물체의 크기가 변하는 경우의 다양한 동작경로를 효율적으로 생성할 수 있는 방법을 제시한다.

<27> 도 2는 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도면을 참조하면, 본 발명은 2차원의 기하도형에 대한 방향지도를 이용하여 물체의 내부 및 외부 크기 변화에 대한 동작 경로를 동시에 생성하는 방법에 있어서, 입력장치를 통해 입력된 특정 장애물(A)과 물체(B)에 대해 각각 방향지도로 표현하는 제 1단계; 상기 장애물과 물체에 대해 각각 표현된 방향지도를 병합하는 제 2단계; 상기 장애물과 물체의 크기를 결정한 후 민코프스키 연산을 결정하는 제 3단계; 상기 제 2단계에서 장애물과 물체 각각의 방향지도를 병합한 방향지도에 대해서 필요한 그룹단위 크기조절 연산을 수행하는 제 4단계; 상기 4단계에서 구해진 결과에 대해서 공선제거를 하고, 방향지도 역연산을 하고, 트리밍 연산을 하여 동작 경로를 생성하는 제 5단계; 및 병합된 방향지도를 재사용하여 외부 및 내부, 또는 크기가 다른 장애물 및 물체에 대해서 c-space obstacle을 계산하는 제 6단계;를 포함한다.

<28> 이하, 본 발명에 따른 2차원 동작 경로의 생성방을을 컴퓨터에서 실행시킬 수 있는 프로그램을 구현하는데 이해를 돕기 위해 간단한 수학적 정의들을 정리한다.

<29> 본 발명에서는 장애물과 물체의 경계선에 대해 다각형으로 표현된다. 곡선 경계선에 대한 방향지도의 정의가 가능하다면 본 발명을 곡선 경계선의 장애물과 물체로 확장하여 적용하는 것이 가능할 것이다.

- <30> 일례로, 다각형은 일련의 꼭지점의 연속으로 표현된다. 인접한 두 꼭지점은 다각형의 한 선분을 이룬다. 다각형 경계선은 구멍을 나타내는 경우가 아닐 때 항상 시계방향 방위라고 가정한다. 따라서 i 번째 꼭지점 v_i 도 이 순서대로 원형 배열에 저장된다. 이는 일반적으로 다각형을 표현하는 잘 알려진 방법이다.
- <31> 다각형 경계선에 대해서 방향지도는 일련의 방향벡터로 이루어져 있다. 방향벡터 d_i 는 인접한 두 꼭지점 v_i 와 v_{i+1} 를 연결하는 벡터이다. 따라서 방향벡터 d_i 는 다음의 수학적 식 3으로 표현할 수 있다.
- <32> **【수학적 식 3】** $d_i = v_{i+1} - v_i$
- <33> TDC 연산은 표기상 편의를 위해 다음의 수학적 식 4와 같이 복합 연산을 의미한다.
- <34> **【수학적 식 4】** $TDC = TRIM \cdot DM^{-1} \cdot CC$
- <35> 상기 수학적 식 4를 참조하면, DM은 도형으로부터 방향지도를 추출하는 연산을 의미하고, GS는 그룹단위 크기조절 연산을 의미하고, \cup *는 방향지도의 콘볼루션 병합을 의미하고, TRIM은 경계선에 존재하는 자기교차 등의 불필요한 부분을 제거하는 연산을 의미한다.
- <36> 그 외에 방향지도의 정의 및 관련 연산에 대한 자세한 내용은 본원발명의 본질이 아니고, 또한 그 정의는 이미 알려진 것이므로, 이에 대한 자세한 설명은 생략한다.
- <37> A와 B에 대한 민코프스키 덧셈의 경계선은 다음의 수학적 식 5와 같이 방향지도 연산을 이용하여 표현할 수 있다.

<38>

$$\begin{aligned}
& \partial(A_0 \oplus A_1) \\
&= TRIM(\partial A_0 * \partial A_1) \\
&= TDC(D_0 \cup D_1) \\
&= TDC(GS(D_0 \cup D_1, 1, 1)) \\
&= TDC(GS(D_s, 1, 1)).
\end{aligned}$$

【수학식 5】

<39>

또한, A와 -B에 대한 민코프스키 뿔셈은 민코프스키 덧셈과의 관계 및 방향지도 연산의 성질을 이용하여 다음의 수학식 6과 같이 표현할 수 있다.

<40>

$$\begin{aligned}
& \partial(A_0 \ominus (-A_1)) \\
&= \partial((A_0^c \cup (-A_1)^c)^c) \\
&= TRIM(\partial A_0^c * \partial(-A_1)^c) \\
&= TDC((D_0^c \cup (-D_1)^c)^c) \\
&= TDC(GS(D_0 \cup D_1, 1, -1)) \\
&= TDC(GS(D_s, 1, -1)).
\end{aligned}$$

【수학식 6】

<41>

수학식 5와 6을 참조하면, 민코프스키 덧셈과 뿔셈은 동일한 병합 방향지도 D_s 를 사용하여 계산할 수 있음을 알 수 있다. 단, 그룹단위 크기조절 연산에서 방향벡터의 방향만 바뀌었다. 즉, 민코프스키 뿔셈의 경우 수학식 6에서처럼 병합 방향지도 D_s 의 방향벡터들 중 D_0 로부터의 방향벡터들에 -1을 곱하여 방향을 반대로 하였다.

<42>

수학식 5와 6은 두 방향지도를 콘볼루션 병합하고 그 결과를 재사용하여 특정한 민코프스키 덧셈과 뿔셈을 한 쌍으로 계산할 수 있음을 보여 준다. 이는 본 발명에서 새롭게 제시되는 방법으로 물체의 경계선을 광역 좌표계의 점으로 표현하지 않고 벡터 공간에서 방향지도 및 방향벡터로 표현하였기에 가능한 것이다.

<43>

위 관계를 정리하여 확장하면, 일반적으로 방향지도와 민코프스키 연산에는 다음의 수학식 7 내지 수학식 10과 같은 관계가 있음을 알 수 있다. 여기서 $D_s = D_0 \cup D_1$ 이다.

<44>

【수학식 7】 $TDC(GS(D_s, 1, 1)) = \partial(A_0 \oplus A_1),$

<45> **【수학식 8】** $TDC(GS(D_s, 1, -1)) = \partial(A_0 \ominus -A_1),$

<46> **【수학식 9】** $TDC(GS(D_s, -1, 1)) = \partial(A_1 \ominus -A_0),$

<47> **【수학식 10】** $TDC(GS(D_s, -1, -1)) = \partial(-A_0 \oplus -A_1),$

<48> 수학식 7 내지 수학식 10을 참조하면, 위 수학식들은 모두 동일한 병합방향지도 D_s 에 대해서 한꺼번에 계산할 수 있는 네 개의 민코프스키 연산을 나타낸다. 수학식 7에서 양변에 -1을 곱하면 수학식 10이 된다. 수학식 8과 수학식 9 역시 같은 관계이다. 그러므로 수학식 7과 수학식 8만 실질적인 차이가 있다.

<49> 수학식 7은 물체 $-A_1$ 이 장애물 A_0 의 외부에서 충돌하지 않고 움직일 수 있는 동작 경로를 의미한다. 즉, $-A_1$ 이 이 경계선을 넘어 움직이면 장애물과 충돌한다.

<50> 수학식 8은 물체 A_1 이 장애물 A_0 의 내부에서 충돌하지 않고 움직일 수 있는 동작 경로를 의미한다. 즉, 이 A_1 이 경계선을 넘어 움직이면 장애물과 충돌한다.

<51> 또한, 위 관계를 정리하여 확장하면, 일반적으로 방향지도와 민코프스키 연산에는 다음의 수학식 11 내지 수학식 14과 같은 관계가 있음을 알 수 있다. 여기서 $D_d = -D_0 \cup D_1$ 이다.

<52> **【수학식 11】** $TDC(GS(D_d, 1, 1)) = \partial(-A_0 \oplus A_1),$

<53> **【수학식 12】** $TDC(GS(D_d, 1, -1)) = \partial(-A_1 \ominus -A_0),$

<54> **【수학식 13】** $TDC(GS(D_d, -1, 1)) = \partial(A_0 \ominus A_1),$

<55> **【수학식 14】** $TDC(GS(D_d, -1, -1)) = \partial(A_0 \oplus -A_1),$

- <56> 수학식 11 내지 수학식 14를 참조하면, 위 식들은 모두 동일한 병합방향지도 D_d 에 대해서 한꺼번에 계산할 수 있는 네 개의 민코프스키 연산을 나타낸다. 수학식 11과 12만이 실질적인 차이가 있다.
- <57> 수학식 7에서 10과 유사하게 수학식 12에서 14는 물체와 장애물의 충돌관계를 나타낸다. 즉, 수학식 14는 물체 A_1 가 장애물 A_0 외부에서 움직일 수 있는 경로를 나타낸다. 수학식 13은 물체 $-A_1$ 이 장애물 A_0 내부에서 움직일 수 있는 경로를 나타낸다.
- <58> 도 3은 위에서 설명한 민코프스키 연산을 이용하여 계산한 동작 경로의 예시도이다.
- <59> 도 3a는 별모양의 장애물이다. 도 3b는 오각형 모양의 이동 물체이다. 도 3c는 장애물의 방향지도 D_0 이다. 도 3d는 물체의 방향지도 D_1 이다.
- <60> $D_s = D_0 \cup D_1$ 일 때,
- <61> 도 3e는 $GS(D_s, 1, 1)$ 의 결과이다.
- <62> 도 3f는 $GS(D_s, 1, -1)$ 의 결과이다.
- <63> 도 3g는 도 3e의 결과에 방향지도의 역연산을 적용한 결과로 자기교차가 발생한 경우이다.
- <64> 도 3h는 도 3f의 결과에 방향지도의 역연산을 적용한 결과로 자기교차가 발생한 경우이다.
- <65> 도 3i는 $TDC(GS(D_s, 1, 1))$ 로 얻은 경계선으로 $\partial(A_0 \oplus A_1)$ 의 결과이다. 이는 도 4a에서처럼 물체 $-A_1$ 이 A_0 의 외부에서 충돌 없이 움직일 수 있는 c-space obstacle이다.

- <66> 도 3j는 $TDC(GS(D_s, 1, -1))$ 로 얻은 경계선으로 $\partial(A_0 \ominus -A_1)$ 의 결과이다. 이는 도 4b에서처럼 물체 A_1 이 A_0 의 내부에서 충돌 없이 움직일 수 있는 c-space obstacle이다.
- <67> $D_d = -D_0 \cup D_1$ 일 때, 도 4c는
- <68> $TDC(GS(D_d, -1, -1)) = \partial(A_0 \oplus -A_1)$ 의 결과로 A_1 이 A_0 의 외부로 충돌 없이 움직일 수 있는 c-space obstacle이다.
- <69> 도 4c는 $TDC(GS(D_d, -1, 1)) = \partial(A_0 \ominus A_1)$ 의 결과로 $-A_1$ 이 A_0 의 내부를 충돌 없이 움직일 수 있는 c-space obstacle이다.
- <70> 만약 장애물이나 물체가 모양이 같으나 크기가 같은 경우에도 방향지도의 재사용이 가능하다. 장애물과 물체의 크기가 각각 α 와 β 로 변경될 때, 수학식은 다음과 같이 변경할 수 있다.
- <71> 【수학식 15】 $TDC(GS(D_s, \alpha, \beta)) = \partial(\alpha A_0 \oplus \beta A_1),$
- <72> 【수학식 16】 $TDC(GS(D_s, \alpha, -\beta)) = \partial(\alpha A_0 \ominus -\beta A_1),$
- <73> 【수학식 17】 $TDC(GS(D_s, -\alpha, \beta)) = \partial(\beta A_1 \ominus -\alpha A_0),$
- <74> 【수학식 18】 $TDC(GS(D_s, -\alpha, -\beta)) = \partial(-\alpha A_0 \oplus -\beta A_1),$
- <75> 유사하게 수학식은 다음과 같이 변경할 수 있다.
- <76> 【수학식 19】 $TDC(GS(D_d, \alpha, \beta)) = \partial(-\alpha A_0 \oplus \beta A_1),$
- <77> 【수학식 20】 $TDC(GS(D_d, \alpha, -\beta)) = \partial(\beta A_1 \ominus -\alpha A_1),$

<78> **【수학식 21】** $TDC(GS(D_d, -\alpha, \beta)) = \partial(\alpha A_0 \ominus \beta A_1),$

<79> **【수학식 22】** $TDC(GS(D_d, -\alpha, -\beta)) = \partial(\alpha A_0 \oplus -\beta A_1),$

<80> 동작경로 응용 분야에서는 움직이는 물체의 외형이 복잡한 경우 이를 둘러싸는 대표 도형(convex hull)으로 대신 계산하는 경우가 많다. 또한, 이러한 대표 도형의 모양은 원점 대칭 형태여서 $A_1 = -A_1$ 인 경우가 대부분이다.

<81> 예를 들어, A_1 이 원(circle)인 경우 민코프스키 연산 쌍의 경계선은 물체(A_0)의 외부와 내부 오프셋 쌍에 해당한다.

<82> 장애물 A_0 와 반경 1의 원 A_1 에 대해서 반경 $R(t)$ 의 오프셋 곡선 쌍을 다음과 같이 계산할 수 있다.

<83> **【수학식 23】** $D = DM(A_0) \cup DM(A_1)$

<84> **【수학식 24】** $TDC(GS(D, 1, R(t))) = \partial(A_0 \oplus (R(t) \cdot A_1)) = O_{out}(R(t))$

<85> **【수학식 25】** $TDC(GS(D, 1, -R(t))) = \partial(A_0 \ominus (-R(t) \cdot A_1)) = O_{in}(R(t))$

<86> 위 식에서 $O_{out}(R(t))$ 와 $O_{in}(R(t))$ 는 각각 반경 $R(t)$ 의 외부 및 내부 오프셋을 의미한다.

<87> $O_{out}(R(t))$ 는 반경 $R(t)$ 을 물체가 장애물 A_0 의 외부에서 충돌 없이 움직일 수 있는 경로를 의미한다. $O_{out}(R(t))$ 에서 A_0 의 경계선 쪽으로 움직이면 A_0 와 충돌이 발생한다.

<88> $O_{in}(R(t))$ 는 반경 $R(t)$ 을 물체가 장애물 A_0 의 내부에서 충돌 없이 움직일 수 있는 경로를 의미한다. $O_{in}(R(t))$ 에서 A_0 의 경계선 쪽으로 움직이면 A_0 와 충돌이 발생한다.

- <89> 도 5는 별 모양의 도형(A_0)에 대해서 수학식 23에서 수학식 25를 이용하여 $[R_{\min}, R_{\max}]$ 사이의 반경의 오프셋 쌍을 계산하는 예를 보여준다. 도 5a와 도 5b는 트리밍 전의 오프셋 경계선이다. 도 5c와 도 5d는 각각 도 5a와 도 5b를 트리밍 한 후의 외부와 내부 오프셋을 계산한 예이다. 도 5c와 도 5d의 모든 오프셋들은 수학식 23의 병합방향지도를 재사용하여 각각 수학식 24와 수학식 25를 이용하여 계산하였다. 따라서 반지름에 상관없이 내/외부 오프셋을 하나의 병합지도로 계산할 수 있다.
- <90> 하지만, 트리밍은 각 경계선에 대해 개별적으로 계산해야 한다. 이는 기존의 방법에서와 같지만, 방향지도 기반의 빠르고 간편한 트리밍 방법이 알려져 있다.
- <91> 도 6은 다양한 오프셋(off set) 곡선들의 예를 보여준다. 그림에서 굵은 선은 장애물을 의미하고, 얇은 선은 다양한 반경의 물체가 장애물을 피해서 움직일 수 있는 경로를 의미한다.
- <92> 이상에서 설명한 본 발명의 2차원 동작 경로 생성방법을 도 2를 참조하여 정리하면 다음과 같다.
- <93> 도면을 참조하면, 본 발명은 먼저 장애물 및 물체에 대한 기하학적인 정보를 입력받는다.(S201)
- <94> 입력받은 장애물 및 물체의 방향지도를 계산한다.(S202)
- <95> 계산한 두 방향지도를 콘볼루션 병합한다.(S203)
- <96> 입력받은 장애물과 물체의 모양을 토대로 크기를 결정한다. 크기는 두 실수 값으로 결정된다. 오프셋의 경우는 물체의 크기($R(t)$)를 결정한다.(S204)

- <97> 모양과 크기가 결정된 상태에서, 적용할 민코프스키 연산의 종류(즉, 덧셈 또는 뺄셈)를 결정한다. 이 단계는, 오프셋의 경우 외부 또는 내부 오프셋을 결정한다.(S205)
- <98> 정해진 연산의 종류에 따라 수학적 식 15에서 22 중에서 적합한 것을 선택하여 계산한다. 특별히 오프셋 연산인 경우는 수학적 식 24나 25에서 적당한 것을 선택한다.(S206)
- <99> TDC 연산에 해당한다. 즉, 단계 206의 결과로 얻어진 새로운 방향지도로부터 방향지도의 역연산 및 트리밍을 거쳐서 새로운 도형의 경계선을 얻어낸다.(S207)
- <100> 그리고, 본 발명은 단계 203에서 얻은 병합 방향지도를 재사용하는 경우, 단계 204에서 재 시작한다.(S208)
- <101> 이상에서 설명한 본 발명의 2차원 동작 경로 생성방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 형태로 기록매체에 저장되어 사용되어진다.

【발명의 효과】

- <102> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법은, 장애물과 물체를 표현하는 2차원 기하도형의 경계선을 방향지도로 표현하고, 두 방향지도를 병합하여, 방향 벡터의 크기 조절을 통해 새로운 병합 방향지도를 만들어 내고, 새로운 방향지도로부터 c-space obstacle의 경계선을 계산할 수 있다.
- <103> 그 결과, 복잡한 장애물에 대해서 c-space obstacle에 대한 기하학적인 성질을 이용하여 복잡하고 어려운 수학적식을 유도하지 않고, 내부와 외부 동작경로와 다양한 물체의 크기에 대해서 동시에 효율적으로 동작경로를 생성할 수 있다.

<104> 이상에서 설명한 것은 본 발명에 따른 2차원 동작 경로 생성방법을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과한 것으로서, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구의 범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

2차원의 기하도형에 대한 방향지도를 이용하여 물체의 내부 및 외부 크기 변화에 대한 동작 경로를 동시에 생성하는 방법에 있어서,

입력장치를 통해 입력된 특정 장애물(A)과 물체(B)에 대해 각각 방향지도로 표현하는 제 1단계;

상기 장애물과 물체에 대해 각각 표현된 방향지도를 병합하는 제 2단계;

상기 장애물과 물체의 크기를 결정한 후 민코프스키 연산을 결정하는 제 3단계;

상기 제 2단계에서 장애물과 물체 각각의 방향지도를 병합한 방향지도에 대해서 필요한 그룹단위 크기조절 연산을 수행하는 제 4단계;

상기 4단계에서 구해진 결과에 대해서 공선제거를 하고, 방향지도 역연산을 하고, 트리밍 연산을 하여 동작 경로를 생성하는 제 5단계; 및

병합된 방향지도를 재사용하여 외부 및 내부, 또는 크기가 다른 장애물 및 물체에 대해서 c-space obstacle을 계산하는 제 6단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 제 4단계는,

장애물 (A)과 물체(B)에 대한 민코프스키 덧셈 연산의 경계선을 다음의 수학식에 의해 병합방향지도(D_s) 및 그룹단위 크기조절 연산 결정하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

$$\begin{aligned}
& \partial(A_0 \oplus A_1) \\
&= TRIM(\partial A_0 * \partial A_1) \\
&= TDC(D_0 \wr * D_1) \\
&= TDC(GS(D_0 \wr * D_1, 1, 1)) \\
&= TDC(GS(D_s, 1, 1)).
\end{aligned}$$

여기서, GS는 그룹단위 크기조절 연산이고, \wr *는 방향지도의 콘볼루션 병합이고, TRIM은 경계선에 존재하는 자기교차 등의 불필요한 부분을 제거하는 연산이고, 1,1은 그룹단위 크기조절 연산의 인수임.

【청구항 3】

제 1항에 있어서, 제 4단계는,

장애물 (A)과 물체(-B)에 대한 민코프스키 팽셈 연산의 경계선을 다음의 수학식에 의해 병합방향지도(D_s) 및 그룹단위 크기조절 연산 결정하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

$$\begin{aligned}
& \partial(A_0 \ominus (-A_1)) \\
&= \partial((A_0 \wr (-A_1)) \circ) \\
&= TRIM(\partial A_0 * \partial(-A_1) \circ) \\
&= TDC((D_0 \wr * (-D_1)) \circ) \\
&= TDC(GS(D_0 \wr * D_1, 1, -1)) \\
&= TDC(GS(D_s, 1, -1)).
\end{aligned}$$

여기서, GS는 그룹단위 크기조절 연산이고, \wr *는 방향지도의 콘볼루션 병합이고, TRIM은 경계선에 존재하는 자기교차 등의 불필요한 부분을 제거하는 연산이고, 1,-1은 그룹단위 크기조절 연산의 인수임.

【청구항 4】

제 1항에 있어서, 제 4단계는,

장애물과 이동 물체의 방향지도를 병합한 것을 외부 및 내부 오프셋에 대해 다음의 수식과 같은 형태로 계산하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

$$1) D = DM(A_0) \cup DM(A_1)$$

$$2) TDC(GS(D, 1, R(t))) = \partial(A_0 \oplus (R(t) \cdot A_1)) = O_{out}(R(t))$$

$$3) TDC(GS(D, 1, -R(t))) = \partial(A_0 \ominus (-R(t) \cdot A_1)) = O_{in}(R(t))$$

여기서, $O_{out}(R(t))$ 와 $O_{in}(R(t))$ 는 각각 반경 $R(t)$ 의 외부 및 내부 오프셋임.

【청구항 5】

제 1항에 있어서, 제 3단계에서 민코프스키 연산을 결정한 후 제 4단계의 수행하는 방향 지도에 대한 콘볼루션 병합을 그룹단위 크기조절 연산하는 단계를 수행하기 전에 수행하여 다른 인수를 사용하는 그룹단위 크기조절 연산에서 재사용할 수 있도록 하는 4-1단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

【청구항 6】

제 5항에 있어서, 상기 4-1단계는,

$D_s = D_0 \cup D_1$ 의 연산조건을 만족할 때, 동일한 병합방향지도(D_s)에 대해 다음의 4가지

$$1) TDC(GS(D_s, 1, 1)) = \partial(A_0 \oplus A_1),$$

$$2) TDC(GS(D_s, 1, -1)) = \partial(A_0 \ominus -A_1),$$

$$3) TDC(GS(D_s, -1, 1)) = \partial(A_1 \ominus -A_0),$$

$$4) TDC(GS(D_s, -1, -1)) = \partial(-A_0 \oplus -A_1).$$

민코프스키 연산들의 경계선에 대해 동일한 병합방향지도(D_s)를 재사용하여 계산하고;

$D_d = -D_0 \cup D_1$ 의 연산조건을 만족할 때, 동일한 병합방향지도(D_d)에 대해 다음의 4가지

$$5) TDC(GS(D_d, 1, 1)) = \partial(-A_0 \oplus A_1),$$

$$6) TDC(GS(D_d, 1, -1)) = \partial(-A_1 \ominus -A_0),$$

$$7) TDC(GS(D_d, -1, 1)) = \partial(A_0 \ominus A_1),$$

$$8) TDC(GS(D_d, -1, -1)) = \partial(A_0 \oplus -A_1).$$

민코프스키 연산들의 경계선에 대해 동일한 병합방향지도(D_d)를 재사용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

여기서, 상기 민코프스키 연산에 적용되는 그룹단위 크기조절 연산의 4가지 인수들을 각각을 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1로 함.

【청구항 7】

제 5항에 있어서, 상기 4-1단계는

장애물과 물체의 크기가 각각 α 와 β 로 변경될 때 다음의 수학식들과 같이 4가지 민코프스키 연산들의 경계선들을 크기에 상관없이 동일한 병합방향지도를 재사용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 2차원 동작 경로 생성방법.

- 1) $TDC(GS(D_s, \alpha, \beta)) = \partial(\alpha A_0 \oplus \beta A_1),$
- 2) $TDC(GS(D_s, \alpha, -\beta)) = \partial(\alpha A_0 \ominus -\beta A_1),$
- 3) $TDC(GS(D_s, -\alpha, \beta)) = \partial(\beta A_1 \ominus -\alpha A_0),$
- 4) $TDC(GS(D_s, -\alpha, -\beta)) = \partial(-\alpha A_0 \oplus -\beta A_1).$ 와
- 5) $TDC(GS(D_d, \alpha, \beta)) = \partial(-\alpha A_0 \oplus \beta A_1),$
- 6) $TDC(GS(D_d, \alpha, -\beta)) = \partial(\beta A_1 \ominus -\alpha A_1),$
- 7) $TDC(GS(D_d, -\alpha, \beta)) = \partial(\alpha A_0 \ominus \beta A_1),$
- 8) $TDC(GS(D_d, -\alpha, -\beta)) = \partial(\alpha A_0 \oplus -\beta A_1).$ 이다.

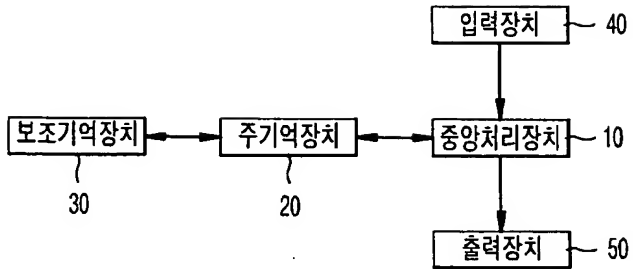
여기서, 상기 민코프스키 연산에 적용되는 그룹단위 크기조절 연산의 4가지 인수들을 각각 $\alpha, \beta, \alpha, -\beta, -\alpha, \beta, -\alpha, -\beta$ 로 함.

【청구항 8】

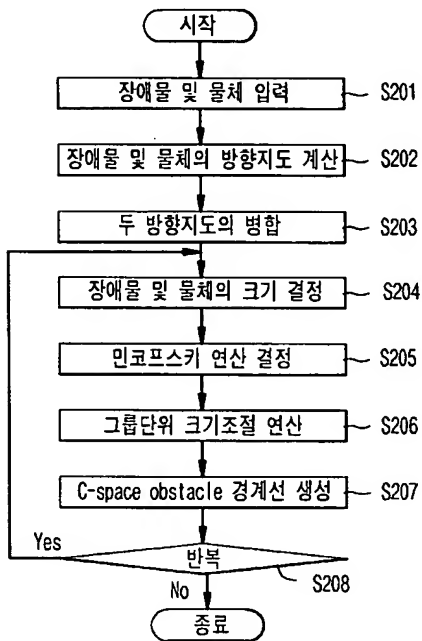
제 1항 내지 제 7항에 기재된 2차원 동작 경로 생성방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【도면】

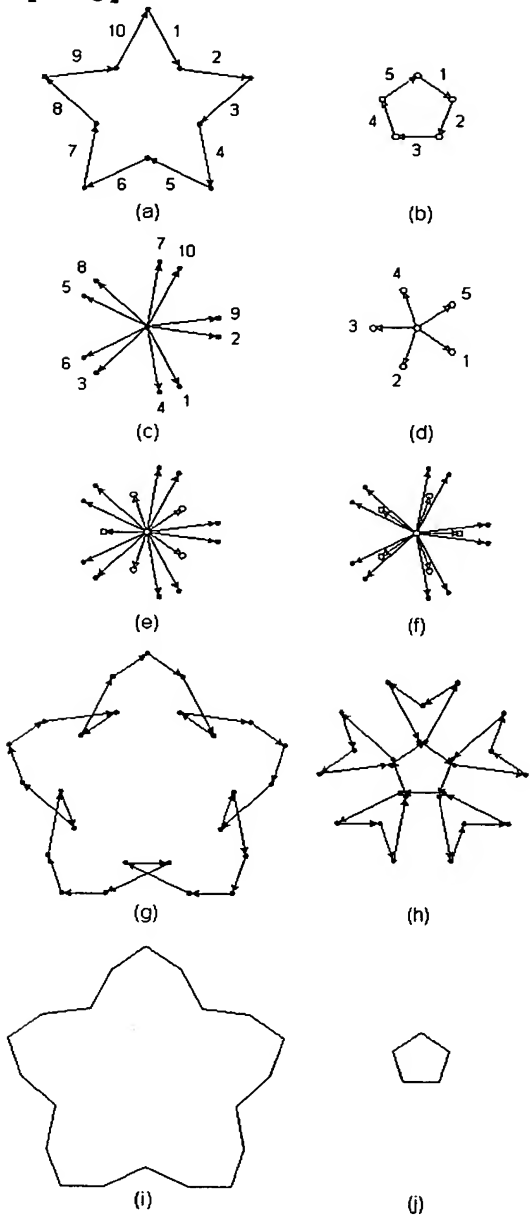
【도 1】



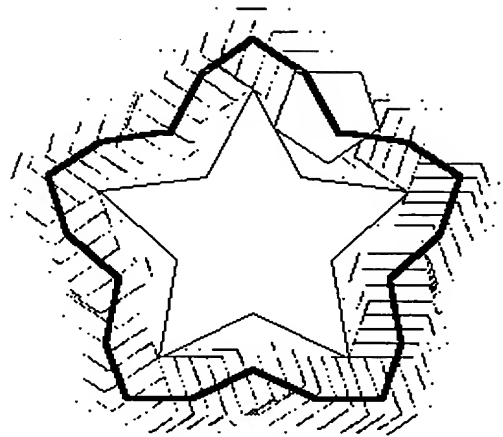
【도 2】



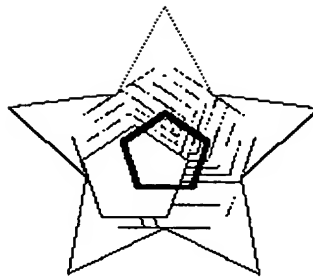
【도 3】



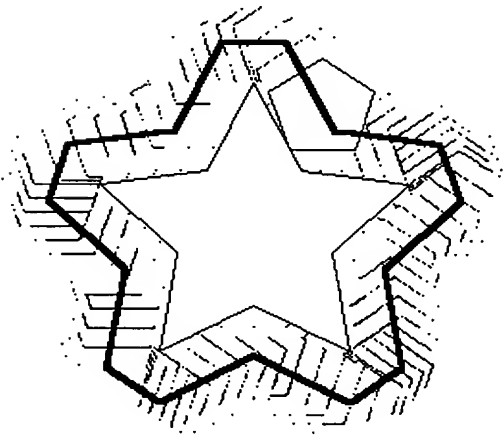
【도 4】



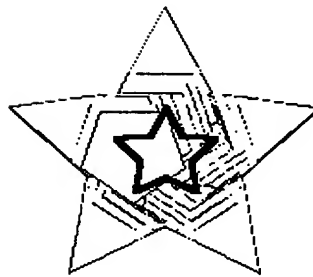
(a)



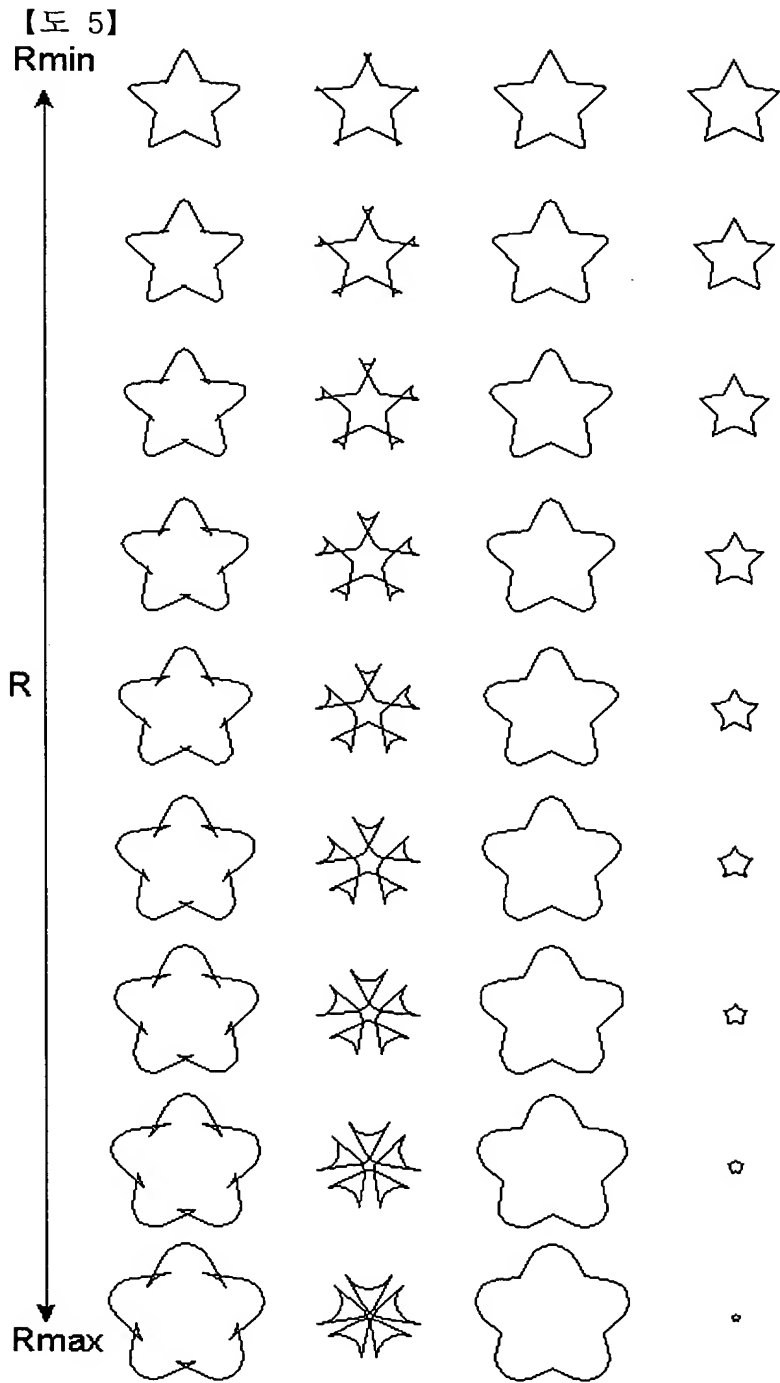
(b)



(c)



(d)



【도 6】

